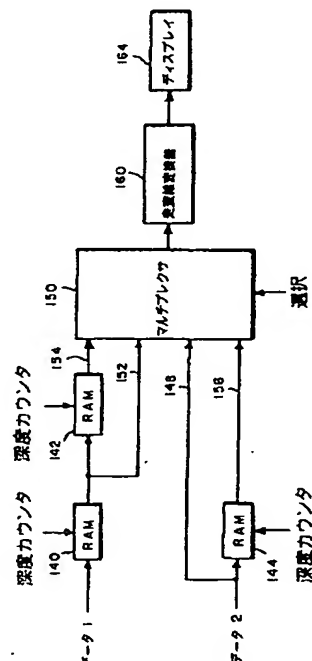


(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成7年(1995)12月19日

7638-2 J



【特許請求の範囲】

【請求項1】 超音波変換素子（12、12、...、12_n）のアレイ（10）と、

前記アレイに対する複数の操向角で、前記アレイ（10）に関して問題となる領域に超音波エネルギーを送り込み、各操向角毎に、前記アレイ（10）に対する焦点深度が異なるように、近視野送信走査線（40）及び遠視野送信走査線に沿って超音波エネルギーを順次送り込み、前記超音波エネルギーによって、問題となる領域から超音波エコーが生じるようにする送信器（104）と、

前記近視野送信走査線（40）に沿って送られてくる超音波エネルギーに応答して、第1と第2の近視野受信走査線（46、48）に沿って同時に信号を受信し、かつ前記遠視野送信走査線（41）に沿って送られてくる超音波エネルギーに応答して、第1と第2の遠視野受信走査線（50、52）に沿って同時に信号を受信するビーム形成装置（120、122）を備え、前記第1の近視野受信走査線（46）と前記第1の遠視野受信走査線（50）が、同一線上にあり、前記第2の近視野受信走査線（48）と前記第2の遠視野受信走査線（52）が、同一線上にある、前記超音波エコーに

応答して、前記アレイによって発生する信号を受信するための受信器（106）と、
前記第1の近視野受信走査線（46）に沿って受信する前記信号と、前記第1の遠視野受信走査線（50）に沿って受信する前記信号のスライシングによって、第1のスライシングが施された走査線（46n、50f）を表す信号を発生し、前記第2の近視野受信走査線（48）に沿って受信する前記信号と、前記第2の遠視野受信走査線（52）に沿って受信する前記信号のスライシングによって、第2のスライシングが施された走査線（48n、52f）を表す信号を発生し、これによって、前記各操向角毎に前記近視野送信走査線及び遠視野送信走査線（40、41）に沿って送られてくる超音波エネルギーに

応答して、2つのスライシングが施された走査線を表す信号が得られるようにする手段（140、142、144、150）と、
前記スライシングが施された走査線を表す前記信号に

応答して、前記問題となる領域のイメージを生成する表示発生器（164）とからなることを特徴とする、超音波イメージング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、医療用超音波イメージング装置に関するものであり、とりわけ、伝送焦点スライシング及び並列受信ビーム形成を利用した医療用の超音波イメージング装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】フェイズド・アレイ超音波イメージング装置において、超音波変換器は、変換素子のアレイで構

成されている。この装置には、送信／受信スイッチを介して変換器に接続される、複数チャネル送信器及び複数チャネル受信器が含まれている。各送信器チャネルによって、アレイの選択された変換素子が、イメージの形成される物体、代表的には、人体に超音波パルスを送り込む。送り込まれる超音波エネルギーには、走査線に沿った操向が施され、また、アレイの各変換素子から送り出されたパルスに適正な遅延を加えることによって、焦点合わせが施されるので、この送り込まれるエネルギーによって、所望の焦点が積極的に付加され、送信ビームが形成されることになる。送り込まれる超音波エネルギーの一部は、人体の各種構造及び組織によって反射し、変換素子アレイに戻される。

【0003】受け取った超音波エネルギーの操向及び焦点合わせは、逆のやり方で実施される。物体または構造から反射した超音波エネルギーは、アレイの変換素子に到着する時間が異なる。受信信号を増幅し、別個の受信器チャネルにおいて遅延を加えてから、さらに、受信ビーム形成器においてまとめることによって、受信ビームが形成される。各チャネル毎の遅延の選択は、受信ビームに、所望の角度の操向、及び、所望の深さの焦点合わせが施されるように行われる。遅延は、超音波エネルギーの受信時に、ビームの焦点を結ぶ深度が受信走査線に沿って漸増するように、動的に変化させることが可能である。扇形走査のように、所望の走査パターンをなすように、複数の送信走査線に沿って超音波エネルギーを送り、受信信号に、上述のように処理を加えることによって、問題となる領域のイメージが形成される。

【0004】最高の質のイメージを得るため、送信ビームと受信ビームは、両方とも、イメージが形成される領域内の各ポイント毎に、焦点合わせを行うことが望ましい。しかし、こうしてイメージを得るのに要する時間は、法外なものになる。大部分の従来技術による装置では、送信ビームの焦点は、一般に、単一の焦点深度に結ばれ、受信ビームの焦点は、方位角、すなわち、アレイをなす変換素子間の部分に対して垂直な方向においてのみ、動的に結ばれる。送信ビームと受信ビームの両方とも、仰角焦点は、変換器に取り付けられた超音波レンズによって結ばれるのが普通である。結果として、送信ビームは、送信焦点から変位したポイントでは焦点が合わず、受信ビームは、固定焦点を除けば、仰角方向において焦点が合わない。これらの要素によって、焦点から変位したイメージ部分は質的に劣ることになる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】1993年1月19日に提出され、本出願の譲受人に譲渡された米国特許出願第08/006,084号には、変換素子の行及び列からなる超音波変換器が開示されている。2つ以上の送信ビームが、操向角は同じであるが、異なる焦点深度で送られる。各送信焦点領域における受信信号に、互いに

「スブライシング」を施すことによって、各操向角毎に、単一の受信線が形成される。変換器の異なるアパーチャに、異なる焦点深度でエネルギーを加えることによって、送信ビームの焦点が、仰角と方位角の両方において合わせられる。スブライシングが施された受信線は、送信ビームの焦点が比較的合っている領域からの受信信号によって形成されるので、イメージの質が向上する。しかし、特殊な措置を講じない限り、超音波イメージのフレーム率（完全なイメージが発生する率）は、各操向角毎に送り出されるビーム数に比例して低下する。心臓に用いられる超音波イメージの場合、毎秒約30フレーム未満のフレーム率は、許容不能とみなされる。

【0006】超音波イメージング装置におけるデータ取得率を増す方法の1つは、2つ以上の異なる受信ビームを同時に発生することである。これは、各追加受信ビーム毎に、ビーム形成ハードウェアを複製することによって、実現可能である。1986年11月11日にFidel (フィデエル) に対して発行された米国特許第4,622,634号には、同時に得られる超音波ベクトルが、スキャン・コンバータに順次送り込まれる、超音波イメージング装置が開示されている。1990年5月22日にBrock-Fisyer (ブロッカーフィッシャ) 他に対して発行される米国特許第4,926,872号には、カラー・フロー走査線の並列処理を利用した、カラー・フロー・イメージング装置が開示されている。1987年2月24日にAugustine (オーガスティン) に対して発行された米国特許第4,644,795号、1988年12月13日にPerten (パーテン) 他に対して発行された米国特許第4,790,320号、1991年7月2日にHirama (ヒラマ) 他に対して発行された米国特許第5,027,821号、1989年12月12日にO'Donnell (オー、ドンネル) に対して発行された米国特許第4,886,069号、1990年1月9日にPesque (ペスキュー) に対して発行された米国特許第4,893,283号、1992年6月9日にHarrison, Jr (ハリソン、ゼイアール) 他に対して発行された米国特許第5,121,361号、及び、1981年2月24日にRobinson (ロビンソン) に対して発行された米国特許第4,252,026号には、受信した超音波情報の並列処理についても開示されている。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、超音波イメージング装置は、超音波変換素子のアレイ、アレイについて問題となる領域に、複数の操向角で、超音波エネルギーを送り込む送信器、及び、超音波エコーに応答して、アレイが発生する信号を受信する受信器から構成される。各操向角毎に、送信器は、近視野送信走査線及び遠視野送信走査線に沿って、焦点深度が異なるように、超音波エネルギーを順次送り出す。受信器には、近視野送信走査線に沿って送られてくる超音波エネルギーに

て、第1と第2の近視野受信走査線に沿って同時に信号を受信し、遠視野送信走査線に沿って送られてくる超音波エネルギーに応答して、第1と第2の遠視野受信走査線に沿って同時に信号を受信するビーム形成装置が含まれている。第1の近視野受信走査線と第1の遠視野受信走査線は、同一線上にあり、第2の近視野受信走査線と第2の遠視野受信走査線は、同一線上にある。超音波イメージング装置には、さらに、第1の近視野受信走査線に沿って受信する信号と、第1の遠視野受信走査線に沿って受信する信号のスブライシングによって、第1のスブライシングが施された走査線を表す信号を発生し、第2の近視野受信走査線に沿って受信する信号と、第2の遠視野受信走査線に沿って受信する信号のスブライシングによって、第2のスブライシングが施された走査線を表す信号を発生する手段が含まれている。このスブライシングが施された走査線を表す信号を利用することによって、問題となる領域のイメージが発生する。結果として、各操向角毎に、近視野送信走査線及び遠視野送信走査線に沿って送られてくる超音波エネルギーに応答して、2つのスブライシングが施された走査線を表す信号が得られることになり、また、各操向角毎に、2つの送信走査線に沿って超音波エネルギーを送ることによって、イメージのフレーム率が劣化しない。

【0008】好適な実施例の場合、超音波変換素子アレイには、少なくとも2つの選択可能な仰角アパーチャが含まれている。この実施例の場合、送信器には、第1の仰角アパーチャによって、近視野送信走査線に沿って超音波エネルギーを伝送し、第1の仰角アパーチャより大きい第2の仰角アパーチャによって、遠視野送信走査線に沿って超音波エネルギーを伝送する手段が設けられている。受信器には、第1の仰角アパーチャによって、第1及び第2の近視野受信走査線に沿って信号を受信し、第2の仰角アパーチャによって、第1及び第2の遠視野受信走査線に沿って信号を受信するための手段が設けられていることが望ましい。従って、近視野送信走査線及び遠視野送信走査線に沿って送られる超音波エネルギーの焦点合わせが、方位角と仰角の両方において実施される。

【0009】本発明のもう1つの特徴によれば、受信器には、超音波エコーの受信時に、受信角を動的に変化させて、送られる超音波エネルギーの空間変動を補償する手段が設けられていることが望ましい。すなわち、各受信走査線に操向を施し、対応する送信走査線から離して、対応する送信走査線の焦点深度に近付けることによって、ほぼ一定した有効受信角が得られる。

【0010】本発明のもう1つの特徴によれば、この装置には、スブライシングが施された隣接する走査線を表す信号の重み付き平均を求めることによって、平均化された走査線が得られるようにするための手段が設けられている。スブライシングが施された隣接する走査線の重み付き平均化によって、並列ビーム形成チャンネルにお

る差、及び、問題となる領域における送信ビームの歪みが補償される。

【0011】本発明のもう1つの態様によれば、超音波イメージング装置は、超音波変換素子のアレイ、アレイについて問題となる領域に、複数の操向角で、超音波エネルギーを送り込む送信器、及び、超音波エコーにตอบสนองして、アレイが発生する信号を受信する受信器から構成される。送信器は、各操向角毎に、送信走査線に沿って超音波エネルギーを送る。受信器には、送信走査線に沿って送られてくる超音波エネルギーにตอบสนองして、第1及び第2の受信走査線に沿って信号を同時に受信するビーム形成装置が含まれている。超音波イメージング装置には、さらに、隣接する受信走査線に沿って受信する信号の重み付き平均を求めることによって、平均化された受信走査線が得られるようにするための手段が含まれている。平均化された受信走査線を表す信号を利用することによって、問題となる領域のイメージが発生する。

【0012】本発明のさらにもう1つの態様によれば、超音波イメージング装置は、超音波変換素子のアレイ、アレイについて問題となる領域に、複数の操向角で、超音波エネルギーを送り込む送信器、及び、超音波エコーにตอบสนองして、アレイが発生する信号を受信する受信器から構成される。送信器は、各操向角毎に、送信走査線に沿って超音波エネルギーを送る。受信器には、送信走査線に沿って送られてくる超音波エネルギーにตอบสนองして、第1及び第2の受信走査線に沿って信号を同時に受信するビーム形成装置が含まれている。受信器には、超音波エコーの受信時における受信走査線の操向角を動的に変化させて、超音波エネルギーの空間変動を補償する手段も含まれている。受信走査線を表す信号を利用することによって、問題となる領域のイメージが発生する。

【0013】

【実施例】図1には、本発明の実施に適したフェイズド・アレイ超音波変換器10（以下、変換器という）が示されている。この変換器は、横方向、すなわち、方位角方向14に並べて配置された変換素子12₁、12₂、...、12_Nに分割される。医療用超音波イメージング装置の典型的な変換器には、64〜256の変換素子が含まれる可能性がある。図1の例の場合、各変換素子は、仰角方向18において、3つのセグメントS₁、S₂、及び、S₃に分割される。各変換素子のセグメントS₁〜S₃は、超音波エネルギーの送信及び受信のために、別個に作動させることが可能である。異なるグループをなす変換素子及びセグメントを選択的に使用可能にすることによって、変換器の異なる能動アパーチャが作動する。好適な実施例の場合、遠視野アパーチャ20には、方位角と仰角の両方において、変換器10の全ての素子及びセグメントが含まれている。近視野アパーチャ22には、破線26と28の間の変換器10の中央部分における変換素子のセグメントS₂だけしか含まれな

い。後述のように、問題となる領域の遠視野における超音波エネルギーの送信及び受信には、遠視野アパーチャ20が用いられ、問題となる領域の近視野における超音波エネルギーの送信及び受信には、近視野アパーチャ22が用いられる。

【0014】図2〜4には、超音波変換器10に関する典型的な送信ビーム・パターンが示されている。当該技術において既知のように、能動アパーチャ内で、変換素子に加えられるパルスを適正に遅延させることによって、送信超音波エネルギーは、変換素子に対する所望の方向に向けられ、その焦点が所望の焦点深度に結ばれることになる。図2には、変換器10の側面図が示されている。近視野アパーチャ22は、近視野における焦点深度32に焦点を結ぶビーム・パターンを有する超音波エネルギーを送り出す。遠視野アパーチャ20は、遠視野における焦点深度36に焦点を結ぶビーム・パターンを有する、超音波エネルギーを送り出す。図3及び4には、それぞれ、送信ビーム・パターン30及び34の平面図が示されている。各送信ビーム・パターンには、変換器10に対する垂線に対して角度 θ をなすように、操向が施される。送信ビーム・パターン30及び34を形成するため、能動アパーチャにおける各変換素子は、焦点深度32または36に送信超音波エネルギーの焦点を結ぶように、かつ、超音波エネルギーに操向を施すことによって、角度 θ をなすように選択された遅延を生じるパルスによって、エネルギーが付与される。近視野の送信ビーム・パターン30は、近視野送信走査線40として表すことが可能であり、遠視野の送信ビーム・パターン34は、遠視野走査線41として表すことが可能である。近視野送信走査線及び遠視野送信走査線は、同一線上にあり、変換器10の能動アパーチャの中心から生じ、変換器10に対する垂線に対して方位角方向14に角度 θ をなしている。

【0015】送信超音波エネルギーによって、問題となる領域の各種構造から超音波エコーが発生する。超音波エコーは、変換器10によって受信され、電気信号に変換される。ビーム形成器において受信信号に適切な整相を施すことによって、受信ビームが形成される。超音波エコーの受信時に、受信ビームは、所望の操向角をなすように向けられ、その焦点を結ぶ深度は動的に漸増するので、深度の漸増する部分からエコーを受信する際、受信ビームは、焦点内にとどまることになる。

【0016】図3及び4を参照すると明らかなように、送信ビーム・パターン30は、近視野において焦点を結び、遠視野では比較的大まかになる。逆に、送信ビーム・パターン34は、遠視野において焦点を結び、近視野では比較的大まかになる。焦点深度32と36の間に位置する任意の境界42によって、近視野と遠視野が分割される。すなわち、近視野は、変換器10から境界42まで延び、遠視野は、境界42から所望の最大イメージ

ング深度まで延びる。境界 42 の深度が、焦点深度 32 及び 36 の位置に応じて変動することになるのは明らかである。

【0017】図 3 及び 4 に示すビーム・パターンを複数の操向角で送ることによって、所望の走査パターンが形成され、受信信号に後述のように処理を施すことによって、問題となる領域のイメージを発生するための信号が生じる。走査線スライシングとして知られる技法によって、超音波イメージの質が、従来のイメージング技法との比較において向上する。変換器 10 を利用して、近視野送信走査線 40 に沿って超音波エネルギーが送られるが、送信エネルギーは、図 3 に示すように、近視野の送信ビーム・パターン 30 を備えている。近視野の送信ビーム・パターン 30 に応答して受信する信号は、記憶される。次に、超音波エネルギーが、遠視野送信走査線 41 に沿って送られるが、送信エネルギーは、図 4 に示すように、遠視野の送信ビーム・パターン 34 を備えている。遠視野ビーム・パターンに反応して受信する信号も記憶される。次に、近視野の送信ビーム・パターン 30 に反応して近視野から受信する信号が、遠視野の送信ビーム・パターン 34 に反応して遠視野から受信する信号と組み合わせられる、すなわち、これらの信号に、スライシングが施される。この結果、スライシングを施した信号が生じ、これによって、全ての受信信号が、送信超音波エネルギーの焦点が比較的合っている領域から得られるため、近視野と遠視野の両方において、質の高いイメージが得られることになる。

【0018】近視野の送信ビーム・パターン及び遠視野の送信ビーム・パターンを送り出し、各送信ビーム・パターンによって生じる信号を受信し、受信信号に互いにスライシングを施すことによって、質の高いイメージのスライシングを施された信号を発生する手順を複数の操向角について繰り返すことにより、扇形走査パターンのような所望の走査パターンが得られる。例えば、扇形走査パターンは、90° の扇形をカバーすることができる。走査線スライシング技法によれば、近視野と遠視野の両方において、イメージの質が高くなるが、近視野ビーム・パターン及び遠視野ビーム・パターンが、それぞれの操向角で送られるので、フレーム率（完全なイメージが発生する率）は、従来の走査技法に比べて 1/2 に低下する。

【0019】本発明の重要な態様によれば、走査線スライシングにおいて生じるフレーム率の低下は、送信走査線から角度的に間隔のあいた 2 つ以上の受信走査線に沿って、同時に受信することによって、部分的に、または、完全に相殺される。図 3 を参照すると、超音波エコーは、近視野走査線 40 に沿って送られてくる超音波エネルギーに反応して、近視野受信走査線 46 及び 48 に沿って同時に受信される。図 4 を参照すると、超音波エコーは、遠視野送信走査線 41 に沿って送られてくる超音

波エネルギーに反応して、遠視野受信走査線 50 及び 52 に沿って同時に受信される。近視野受信走査線 46、48、遠視野受信走査線 50、及び、52 は、受信ビーム・パターンを表している（図 3 及び 4 には示されていない）。同時に近視野受信走査線 46、48、及び、遠視野受信走査線 50、52 は、受信走査線が送られてくる超音波エネルギーのビーム・パターン内に含まれるように選択された比較的小さい角度だけ、それぞれの送信走査線から角間隔があいている。同時に近視野受信走査線 46、48、及び、遠視野受信走査線 50、52 は、約 1° 以下の等しい対頂角だけ、それぞれの送信走査線から間隔をあけることが望ましい。近視野受信走査線 46 は、遠視野受信走査線 50 と同一線上にあり、近視野受信走査線 48 は、遠視野受信走査線 52 と同一線上にあるので、後述のように走査線スライシングが可能になる。

【0020】上述のように、近視野の送信ビーム・パターン 30 の焦点は、変換器 10 と境界 42 の間の近視野の領域に結ばれ、遠視野送信ビーム・パターン 34 の焦点は、境界 42 を超えた遠視野領域に結ばれる。従って、近視野受信走査線 46 及び 48 によって、近視野領域におけるイメージの質が高くなり、遠視野受信走査線 50 及び 52 によって、遠視野領域におけるイメージの質が高くなる。それぞれの近視野受信走査線及び遠視野受信走査線にスライシングを施すことによって、それぞれ、問題となる領域全体にわたってイメージの質が高い、2 つのスライシングを施した走査線が得られる。図 3 に示すように、近視野受信走査線 46 には、近視野セグメント 46、及び遠視野セグメント 46、が含まれており、近視野受信走査線 48 には、近視野セグメント 48、及び遠視野セグメント 48、が含まれている。同様に、図 4 を参照すると、遠視野受信走査線 50 には、近視野セグメント 50、及び遠視野セグメント 50、が含まれており、遠視野受信走査線 52 には、近視野セグメント 52、及び遠視野セグメント 52、が含まれている。受信走査線 46 の近視野セグメント 46、に沿って受信する信号と、受信走査線 50 の遠視野セグメント 50、に沿って受信する信号を組み合わせることによって、スライシングを施された第 1 の走査線が得られる。受信走査線 48 の近視野セグメント 48、に沿って受信する信号と、受信走査線 52 の遠視野セグメント 52、に沿って受信する信号を組み合わせることによって、スライシングを施された第 2 の走査線が得られる。スライシングを施された 2 つの走査線に沿った信号が、伝送超音波エネルギーの焦点が比較的合い、問題となる領域全体にわたってイメージの質が高い領域から捕捉される。さらに、2 つのスライシングを施された走査線が、近視野と遠視野の各組毎に得られるので、超音波イメージのフレーム率は、従来の超音波イメージングに比べて低下しない。近視野受信走査線 46 及び 48 の

遠視野セグメント 46, 及び 48, からの信号、及び、遠視野受信走査線 50 及び 52 の近視野セグメント 50, 及び 52, からの信号は、利用せずに、廃棄することが可能である。

【0021】図 5 には、本発明による扇形走査パターンが示されている。送信走査線は、超音波変換器 10 の中心に位置する起点 60 から生じる実線で表示され、受信走査線は、起点 60 から生じる破線で表示される。円弧 74 によって、近視野と遠視野との間の境界が形成される。近視野に焦点を結ぶパルス化超音波エネルギーは、送信走査線 T₁ に沿って送られ、超音波エコーは、上述のように、受信走査線 R₀ 及び R₁ に沿って同時に受信される。受信走査線 R₀ 及び R₁ は、送信走査線 T₁ から、横方向 14 において、等しい対頂角だけ間隔をあけることが望ましい。従って、遠視野に焦点を結ぶパルス化超音波エネルギーは、送信走査線 T₁ に沿って送られ、超音波エコーは、受信走査線 R₀ 及び R₁ に沿って同時に受信される。送信走査線 T₁ は、図 3 及び 4 に示す近視野送信走査線 40 及び遠視野送信走査線 41 に対応し、受信走査線 R₀ は近視野受信走査線 46 及び遠視野受信走査線 50 に対応し、受信走査線 R₁ は、近視野受信走査線 48 及び遠視野受信走査線 52 に対応する。受信信号に上述の処理を施すことによって、2 つのスプリングを施した走査線が得られる。次に、操向角が変更され、超音波エネルギーが、送信走査線 T₁ に沿って送られる。第 1 の伝送超音波パルスの焦点は、近視野に結ばれ、第 2 の伝送超音波パルスの焦点は、遠視野に結ばれる。各伝送パルス毎に、送信走査線 T₁ から角間隔をあけた受信走査線 R₀ 及び R₁ に沿って、超音波エコーが同時に受信される。受信信号にスプリングを施すことによって、スプリングを施された走査線が生じる。複数の追加送信走査線 T₂, T₃, ... 及び、それぞれの送信走査線から角間隔をあけた、対応する受信走査線 R₂, R₃, ... について、このプロセスが繰り返される。図 5 には、ほんのわずかな送信走査線及び受信走査線しか示されていないが、本発明による扇形走査パターンには、例えば、122 の送信走査線と、242 の受信走査線を含めて、90° の扇形をカバーすることが可能である。この例の場合、送信走査線の角間隔は、1.5° であり、受信走査線の角間隔は、0.75° である。

【0022】上記例及び図 5 から明らかなように、送信走査線の数、受信走査線の数、1/2 である。従って、超音波エネルギーが、各操向角毎に 2 倍送り出されるという事実にもかかわらず、送信操向角の数は、1/2 に減少する。従って、フレーム率は、各操向角毎に、1 つの送信走査線と 1 つの受信走査線を備える、従来技術による超音波イメージング装置の場合と同じである。しかし、イメージの質は、上述のスプリング技法のため、こうした従来技術の装置に比べて改善される。

【0023】上述の走査技法に適した超音波イメージング装置のブロック図が、図 6 及び 7 に示されている。図 6 を参照すると、超音波変換器 10 の N 個の変換素子が、それぞれ、セグメント S₁, S₂, ... 及び S_N を備えている。従って、変換器 10 には、3N の独立したセグメントを備えている。図 6 に示すように、各変換素子のセグメント S₁ 及び S₂ は、互いに接続され、送信/受信スイッチ 100 に接続されている。各変換素子のセグメント S₁ は、送信/受信スイッチ 102 に接続されている。当該技術において既知のように、送信/受信スイッチ 100 及び 102 は、走査モードに従って、送信器と受信器をスイッチし、超音波エネルギーの伝送時に受信器を保護する。送信/受信スイッチ 100 及び 102 は、超音波送信器 104 及び超音波受信器 106 に接続されている。送信/受信スイッチ 100 に、N 個の独立したスイッチが含まれており、送信/受信スイッチ 102 に、N 個の独立したスイッチが含まれていることは明らかである。従って、変換器 10、送信/受信スイッチ 100、102、受信器 106、及び、送信器 104 の間における各相互接続毎に、N 個の独立したラインが含まれている。

【0024】超音波エネルギーの伝送時に、送信/受信スイッチ 100、102 は、超音波送信器 104 を超音波変換器 10 の変換素子に接続する。超音波エネルギーが、図 3 に示すように、近視野送信走査線 40 に沿って送られると、近視野アパーチャ 22 (図 1) だけが送信器 104 によって作動する。送信器 104 によって個々のセグメント S₂ に加えられるパルスを適正に遅延させることによって、伝送超音波エネルギーは、所望の操向角をなすように操向が施され、伝送超音波エネルギーの焦点が近視野内の所望の深度に結ばれることになる。超音波変換素子に加えられる信号を遅延させて、操向及び合焦を実施する技法は、当該技術において既知のところであり、詳細な説明は行わない。図 4 に示すように、超音波エネルギーが遠視野送信走査線 41 に沿って送られる場合には、超音波送信器 104 によって、遠視野アパーチャ 20 (図 1) におけるセグメント S₁, S₂, ... 及び S_N の全てが作動する。変換素子に加えられるパルスを遅延させることによって、伝送超音波エネルギーは、所望の操向角をなすように操向が施され、伝送超音波エネルギーの焦点が遠視野内の所望の深度に結ばれることになる。遠視野の場合、各変換素子のセグメント S₁, S₂, ... 及び S_N に加えられるパルスを遅延させることによって、仰角方向並びに横方向における伝送超音波エネルギーの焦点合わせが実施される。各操向角毎に、送信器 104 は、近視野内に焦点を結ぶ超音波パルスを送り出して、超音波受信器 106 によるエコーの受信を待ち、遠視野内に焦点を結ぶ超音波パルスを送り出して、再び、超音波受信器 106 によるエコーの受信を待つ。複数の操向角について、このプロセスを繰り返すことによ

て、上述のように所望の走査パターンが得られる。

【0025】変換器10及び超音波送信器104による超音波エネルギーの各伝送後に、問題となる領域の各種構造及び組織から超音波エコーを受信する。超音波エコーは、各変換素子のセグメント S_1 、 S_2 、及び、 S_3 によって受信され、電気信号に変換される。受信モード時、送信／受信スイッチ100及び102は、変換素子を受信器106に接続する。すなわち、各変換素子のセグメント S_1 は、送信／受信スイッチ102を介して、前置増幅器110に接続される。各変換素子のセグメント S_2 及び S_3 は、互いに接続され、送信／受信スイッチ100を介して、前置増幅器112の入力に接続される。N個の変換素子のそれぞれについて、1つの前置増幅器110が設けられ、N個の変換素子のそれぞれについて、1つの前置増幅器112が設けられているのは、明らかである。各前置増幅器110の出力は、総和装置114に接続されている。N個の変換素子のそれぞれについて、1つの総和装置114が設けられている。各前置増幅器112の出力は、近／遠スイッチ116を介して、総和装置114の第2の入力に接続されている。近視野に焦点を結ぶ超音波エネルギーの伝送後における、超音波受信器106による信号の受信時、近／遠スイッチ116は開いており、総和装置114の出力に影響を与えるのは、セグメント S_2 からの受信信号だけである。遠視野に焦点を結ぶ超音波エネルギーの伝送後における、超音波受信器106による信号の受信時、近／遠スイッチ116は閉じており、各変換素子のセグメント S_1 、 S_2 、及び、 S_3 からの受信信号を加算することによって、総和装置114の出力が得られる。上述のように、図1に示す近視野アパーチャ22には、セグメント S_2 、だけしか含まれておらず、遠視野アパーチャ20には、セグメント S_1 、 S_2 、及び、 S_3 が含まれている。

【0026】総和装置114の出力は、第1の遅延及び総和装置120及び第2の遅延及び総和装置122に入力される。ビーム形成装置としての遅延及び総和装置120及び122が、それぞれ、超音波変換器10の各変換素子に対応する、N個の別個の受信信号を受信するのは明らかである。遅延及び総和装置120及び122の各チャンネルが、受信ビームを形成するために選択された量だけ、受信信号を遅延させる。遅延は、受信ビームを所望の操向角をなすように向け、受信ビームの焦点を所望の焦点深度に結ぶようにするために選択される。焦点深度は、漸増する深度における超音波エネルギーの受信時に動的に変動する。選択的に遅延させる信号を合計することによって、規定の受信走査線に沿った受信信号を表す信号が得られる。遅延及び総和装置120及び122は、従って、並列受信ビーム形成器の働きをする。受信ビームの操向及び動的焦点合わせを実施するビーム形成器の構造は、当該技術において既知のところであり、詳細な説明は行わない。

【0027】遅延及び総和装置120及び122の並列接続によって、2つの異なる受信走査線に沿った、超音波エコーの同時すなわち並列受信が可能になる。例えば、図3を参照すると、遅延及び総和装置120及び122は、それぞれ、近視野受信走査線46及び48に沿って同時に信号を受信する。同様に、図4を参照すると、遅延及び総和装置120及び122は、それぞれ、遠視野受信走査線50及び52に沿って同時に信号を受信する。遅延及び総和装置120の出力は、フィルタ及び検出器128を介して、アナログ・デジタル変換器（以下、ADCという）130に接続される。遅延及び総和装置122の出力は、フィルタ及び検出器132を介して、アナログ・デジタル変換器134に接続される。ADC130及び134の出力DATA1及びDATA2は、2つの受信走査線に沿って同時に受信した信号を表すデータ・ワードのストリームである。

【0028】次に、図7を参照すると、ADC130の出力DATA1出力は、ランダム・アクセス・メモリ140及び142（以下、RAMという）に供給される。ADC134の出力DATA2は、RAM144、及び、マルチプレクサ150の入力148に供給される。RAM140、142、及び、144の出力は、それぞれ、マルチプレクサ150の入力152、154、及び、156に接続される。RAM140、142、及び、144には、変換器10による超音波エネルギーの伝送時に開始される深度カウント信号によって、書き込みのためのアドレス指定が行われる。深度カウント信号によって、各データ・ワードに対応する問題となる領域内の深度が設定される。マルチプレクサ150は、走査変換器160に加えるためにその入力1つを選択する、選択信号を受信する。走査変換器160は、扇形走査データを、表示発生器としてのTVモニタのようなディスプレイ装置164に表示するのに適したラスタ走査フォーマットに変換する。

【0029】RAM140、142、及び、144、及び、マルチプレクサ150は、走査線スライシング機能を実施し、ADC130及び134からのデータ・ストリームを、質の高い超音波イメージを表した単一データ・ストリームに変換する。図7の回路の働きについては、図8のタイミング図に関連して解説する。図8の水平軸には、時間が表示されている。図8の送信タイミングには、送信走査線T₁及びT₂（図5）に沿った超音波エネルギーの送信タイミングが示されている。近視野超音波パルスT₁が、送信走査線T₁に沿って送られる。受信走査線R₁に関する近視野データは、RAM144に記憶され、受信走査線R₂に関する近視野データは、RAM142に同時に記憶される。次に、近視野超音波パルスT₂が、送り出され、受信走査線R₂に関する遠視野データが、マルチプレクサ150に直接入力され、受信走査線R₁に関する遠視野データが、RAM140

に入力される。受信走査線R₁に関する遠視野データは、走査変換器160に対してリアル・タイムで出力されるので、RAMは、このデータの記憶には必要ではない。このプロセスは送信走査線T₁に沿った近視野超音波パルスT_{1n}及び遠視野超音波パルスT_{1r}の伝送に関して繰り返される。受信走査線R₁に関する近視野データは、RAM144に記憶され、受信走査線R₁に関する近視野データは、RAM142に記憶される。受信走査線R₁に関する遠視野データは、マルチプレクサ150に直接入力され、受信走査線R₁に関する遠視野データは、RAM140に記憶される。このプロセスは、走査パターンにおける送信走査線の全てについて繰り返される。

【0030】走査線スライシングを実施するための、RAM140、142、及び、144からのデータの読み出しは、次の通りである。図8に示す出力信号は、マルチプレクサ150の出力を表している。選択信号は、マルチプレクサ150の入力の1つを選択する。送信走査線T₀に沿った近視野パルスT_{0n}の伝送後における最初の時間間隔については、遠視野データが走査線スライシングのために得られないので、マルチプレクサ150から出力されるデータはない。その後は、超音波エネルギー伝送後の各受信間隔が、近視野部分と遠視野部分に分割されるが、これらの部分は、必ずしも時間的に等しいとは限らない。送信走査線T₀に沿った遠視野パルスT_{0r}の伝送後における時間間隔の最初の部分において、選択信号は、RAM144の出力を選択し、RAM144内の順次位置が、アドレス指定される。出力は、受信走査線R₀に沿った受信信号の近視野部分を表している。同じ時間間隔の第2の部分において、選択信号は、ADC134の出力を選択する。ADC134からのデータ・ストリームは、受信走査線R₀の遠視野部分を表している。従って、この同じ時間間隔におけるマルチプレクサ150の出力は、受信走査線R₀に関する近視野データ（近視野パルスT_{0n}の伝送後に受信される）と受信走査線R₀に関する遠視野データ（遠視野パルスT_{0r}の伝送後に受信される）にスライシングを施したものを表している。このスライシングを施したデータによって、問題となる領域全体にわたってイメージの質が高くなる。

【0031】送信走査線T₁に沿った近視野超音波パルスT_{1n}の伝送後における次の時間間隔において、RAM142の出力は、その時間間隔の第1の部分で選択され、RAM140の出力は、この時間間隔の第2の部分で選択される。スライシングを施したデータには、受

信走査線R₁に関する近視野データ（近視野パルスT_{1n}の伝送後に受信される）と受信走査線R₁に関する遠視野データ（遠視野パルスT_{1r}の伝送後に受信される）が含まれている。このプロセスは、走査パターンにおける各送信走査線毎に繰り返される。

【0032】図8から明らかなように、送信走査線T₀に沿った近視野パルスT_{0n}及び遠視野パルスT_{0r}の伝送によって、受信走査線R₀に沿って受信した信号を表すスライシングを施された出力データ170と、受信走査線R₀に沿って受信した信号を表すスライシングを施された出力データ172が生じる。各組をなす出力データ170、172には、近視野部分と遠視野部分が含まれている。組をなす出力データ170、172は、両方とも、スライシングを施した走査線を表しており、質の高いイメージを発生する。従って、2つの伝送パルス毎に、イメージの質が高い、スライシングを施した2つの走査線が発生し、フレーム率は、低下しない。

【0033】いくつかの付加的特徴を利用すれば、図6及び7に示す超音波イメージング装置によって、上述のように発生する超音波イメージを、質的にいっそう向上させることが可能になる。近視野データと遠視野データに、互いにスライシングが施されるポイントにおける、近視野データと遠視野データの間の急激な遷移によって、近視野と遠視野の境界に人為的なイメージが生じる可能性がある。この人為的なイメージは、境界に近い遷移領域における近視野データと遠視野データを混合することによって克服することができる。この混合は、後掲の表1に例示するように、境界の前後における選択された数のクロック間隔の間、近視野データと遠視野データに重み付き平均化を施すことによって、実施可能である。表1には、境界に先行し、後続するいくつかのクロック間隔に関する近視野データ及び遠視野データに適用される重み係数が示されている。時間は、境界Bの前または後のクロック間隔数によって表される。従って、例えば、B-2は、境界Bに先行する2クロック間隔を表している。境界Bに近づくにつれて、近視野データの重みが、数クロック間隔にわたって、1.0から0に低下する。同じクロック間隔において、遠視野データの重みが、0から1.0に上昇する。この結果、超音波イメージに目立たない近視野から遠視野への遷移が生じる。必要に応じて、混合が実施されるクロック間隔数、及び、各クロック間隔における重み係数を変更することができるのは、明らかである。

【0034】

【表1】

クロック間隔	近視野重み係数	遠視野重み係数
B-2	1.0	0
B-1	0.75	0.25
B	0.5	0.5
B+1	0.25	0.75
B+2	0	1.0

【0035】第2の質的改善について、図3に関連して述べることにする。前述のように、近視野受信走査線46及び48は、近視野送信走査線40から角間隔があいている。一般に、受信信号の強度及び有効角度は、受信ビーム・パターンだけでなく、送信ビーム・パターン30によっても左右される。送信ビーム・パターン30の焦点深度32から変位した領域では、送信ビーム・パターン30は、受信走査線に沿って比較的均一であり、受信ビームの有効操向角を大幅に変化させることはない。しかし、焦点深度32の近くでは、送信ビーム・パターン30は、断面が比較的狭く、送信ビーム・パターンと受信ビーム・パターンの両方によって、有効受信角が決まる。この結果、有効受信角は、深度によって変化することになり、補償措置を講じない限り、超音波イメージは、破壊される可能性がある。従って、超音波エコーの受信時に受信走査線の動的操向を用いて、上述の影響を補償することが望ましい。混乱を避け、受信器のビーム形成器だけによって決まる受信ビーム・パターンと区別するため、「ラウンド・トリップ (roundo trip)」走査線という用語を利用して、送信ビーム・パターン及び受信ビーム・パターンから生じる合成ビーム・パターンを表すことにする。

【0036】図9には、伝送焦点深度の近くにおけるラウンド・トリップ走査線の反りが示されている。図9において、操向角は、深度の関数として描かれている。受信走査線の動的操向がなければ、ラウンド・トリップ走査線200及び202は、伝送焦点深度Fの近くにおいて、送信走査線T.に向かって実際に反りを生じる。同様に、動的走行がなければ、ラウンド・トリップ走査線204及び206は、送信走査線T.に向かって実際に反りを生じる。人為的イメージを回避するため、ラウンド・トリップ走査線は、図9に実線210、212、214、及び、216で示すように、深度の関数として一定の操向角を有することが望ましい。図9に示すラウン

ド・トリップ走査線の反りを補償するため、受信時に、受信走査線に動的操向を施すことによって、ラウンド・トリップ走査線の有効受信角がほぼ一定することになる。図9を参照すると、受信走査線R.には、負の操向角オフセットが加えられ、受信走査線R.には、正の操向角オフセットが加えられる。受信走査線R.に必要な操向角オフセットは、各深度におけるラウンド・トリップ走査線200と210の曲線の間の差に等しい。実際、操向角オフセットは、遅延及び総和装置120及び122による遅延を変化させることによって、ゾーン毎に変化させるのが望ましい。一般に、ほぼ一定した有効受信角を得るには、受信走査線の最大操向角オフセットは、伝送焦点深度において約 $3/8^\circ$ になる。受信走査線の動的操向技法については、参考までに本書に組み込まれている、1993年5月21日に出願された、出願係属中の出願第08/065,958号に記載がある。動的焦点合わせ時にゾーン毎に遅延係数を決める遅延係数発生器については、参考までに本書に組み込まれている、1990年8月14日に発行された、Hunt (ハント) 他に対する米国特許第4,949,259号に開示されている。

【0037】第3の質的改善については、図5に関連して述べることにする。受信走査線R.及びR.のような、隣接する受信走査線に沿った受信信号間の変動は、超音波イメージにおいて簡単に検出される。 $1/4\text{ dB}$ といったわずかな変動によって、基礎をなす臨床情報を損なう拍動パターン (高/低、高/低等) が、超音波イメージに生じることになる。これらの変動は、超音波受信器106の並列処理チャンネルが同一でないために、生じる可能性がある。受信走査線の変動は、人体における音響的效果によって生じる可能性もある。送信ビーム及び平行な受信ビームは、問題となる領域の構造によって、別様に歪み、同時受信走査線が、非対称になる可能性がある。処理チャンネルの変動は、並列ビーム形成器の

調整、または、適応技法を用いることによって取り扱うことが可能である。人体における音響的效果による受信走査線の変動は、より取扱いが困難である。

【0038】下記の技法を利用して、変動の原因とは無関係な線間変動を最小限に抑える、または、排除することが可能である。1フレーム分の受信データを検出し、記憶すると、走査線平均化回路を利用して、全ての隣接受信走査線を組み合わせ、各受信走査線が所定の重みを有するようにすることが可能である。これは、本質的に、横方向のデータに従って実行される2ポイント・デジタルFIR(有限インパルス応答)フィルタである。重みが等しければ(1/2、1/2)、最大のフィルタリング、従って、最大の線間人為効果排除が行われることになる。等しい重みに関する問題は、イメージ・データに低域通過フィルタリングが施されて、横方向の解像度が損なわれることである。横方向の解像度を保つことが可能な方法が2つある。1つの方法によれば、例えば、(A、1-A)といった、等しくない重みは、等しい重み未満のデータのスマアを生じる傾向がある。しかし、等しくない重みは、人為的イメージの除去率が低い。例えば、5/8及び3/8の重みによって、人為的効果は10dBまで排除されるが、等しい重みによる排除は無限である。しかしながら、10dBの排除で十分であることが立証されている。第2の方法によれば、線密度を増すことによって、横方向の解像度が保持される。通常、線密度を増すと、フレーム率が許容不可能なほどに低下する。しかし、上述の並列処理では、フレーム率が倍になるので、余分な時間の一部を利用して、追加走査線を伝送することが可能である。例えば、送信走査線の間隔が1.5'から1.25'に減少し、受信走査線の間隔が0.75'から0.625'に減少しても、許容可能な結果が得られる。

【0039】既知のように、走査変換の場合、最終的には、横方向の解像度に制限があるので、この事実を考慮にいれた上で、線密度を倍にしなくても、解像度が保持されるようにすることが可能である。走査変換帯域幅を考慮しなければ、また、等しい重み(1/2、1/2)を利用して、データを平均化する場合には、横方向の解像度を保持するために、線密度を倍にしなければならない。この結果、並列処理の目的が台無しになる。しかし、線形補間を実施する走査変換モデルを想定すると、また、(5/8、3/8)の重みの利用を想定すると、同じ横方向の解像度を保持するのに、線密度を30パーセントだけしか増す必要がない。

【0040】好適な実施例によれば、上述のように線間隔が減少した場合に、5/8及び3/8の重みが利用される。例えば、図5を参照すると、平均化走査線は、下記のように得られる。線A=5/8(受信走査線R。) + 3/8(受信走査線R₁) ; 線B=5/8(受信走査線R₁) + 3/8(受信走査線R₂) ; 等等。

【0041】上述のデータの平均化によって、走査線の位置がシフトする。例えば、等しい重みを利用して、2つの隣接する走査線を平均化すると、もとの2つの走査線の間に直接位置する有効走査線が生じることになる。このシフトは、ビーム形成器の場合、全ての走査線を線間隔の1/2だけ左にシフトすることによって、走査変換器の場合には、走査線を線間隔の1/2だけ右に引くことによって補償することが可能である。

【0042】さらに、データを平均化すると、走査線が1つ除去される。従って、ビーム形成器が、100の走査線を発生する場合、平均化後の走査線は、99だけしかない。これは、ビーム形成器の場合、もう1つ走査線を発生するか、あるいは、走査変換器の場合、1つ少ない走査線を引くことによって処理することが可能である。

【0043】並列処理構成におけるデータの平均化については、扇形走査パターンに関連して説明することにする。この方法は、並列カラー・フローイメージング、並列統合後方散乱イメージング、曲線形アレイ及び線形アレイ変換器での利用、及び、仮想頂点モードに関する利用にも適合する。

【0044】図10には、図7に示す走査変換器160のブロック図が示されている。マルチプレクサ150(図7)の出力が、上述のように、近視野と遠視野間の遷移時に混合を実施する走査線混合装置302に供給される。走査線混合装置302の出力は、音響フレーム・バッファ304に入力される。音響フレーム・バッファ304は、一般的には、2つの完全な超音波データ・フレームを記憶するのに十分な容量を備えたランダム・アクセス・メモリである。このメモリは、2つのセクションに分割され、超音波データは、交番式に、1つのセクションに書き込まれ、同時に、もう1つのセクションから読み取られる。音響フレーム・バッファ304の出力は、走査線平均化装置306に供給される。走査線平均化装置306の出力は、R-Θ走査変換器310に供給される。R-Θ走査変換器310は、超音波走査器からのR-Θデータをビデオ・モニタに表示するのに適したラスタ走査フォーマットに変換する。R-Θ走査変換器310は、例えば、ヒューレット・パッカード社によって製造販売されている、Sonos1000超音波イメージングにおけるR-Θ走査変換器に相当する。

【0045】図11には、走査線混合装置302のブロック図が示されている。マルチプレクサ150からの入力320が、乗算器322の入力の1つに供給される。乗算器322の出力は、総和装置324の入力の1つに供給される。総和装置324の出力は、音響フレーム・バッファ304及び線先入れ先出し(以下、FIFOという)メモリ326に供給される。FIFOメモリ326の出力は、乗算器330の入力の1つに供給される。乗算器330の出力は、総和装置324のもう1つの入

力に供給される。RAMまたは読み取り専用メモリのよ
うな重みテーブル334が、深度カウンタ340の状態
に従って、乗算器322及び330に入力を供給する。

【0046】走査線混合装置302の動作については、
図8のタイミング図に関連して述べることにする。第1
の時間間隔において、マルチプレクサ150は、受信走
査線R。に関する近視野データを供給する。この時間間
隔において、重みテーブル334は、1.0の重みを供
給し、そのデータは、走査線FIFOメモリ326に記
憶される。第2の時間間隔において、マルチプレクサ1
50は、乗算器322を介して、受信走査線R。に関す
る遠視野データを供給し、重みは1.0である。近視野
と遠視野の境界に近い遷移領域の場合、重みテーブル3
34は、上記表1に示す重み係数を供給するので、近視
野データと遠視野データが混合され、人為的效果が回避
される。このプロセスは、走査パターンにおける各走査
線毎に、走査線混合装置302によって繰り返される。

【0047】図12には、走査線平均化装置306のブ
ロック図が示されている。音響フレーム・バッファ30
4は2つの完全な超音波イメージに対してスブライシン
グが施された走査線を表すデータを含んでいる。音響フ
レーム・バッファ304は、2つのスブライシングを施
された隣接走査線、すなわち、走査線 Θ_i 、及び走査線 Θ_{i+1}
を表す出力データを同時に出力するように構成され
ており、ここで、 i は、走査パターンにおける特定のス
ブライシングを施した走査線を表している。従って、図
5を参照すると、音響フレーム・バッファ304が、ま
ず、スブライシングを施された走査線R。及びR₁を表
すデータを出力する。次のサイクルにおいて、音響フレ
ーム・バッファ304は、スブライシングを施された走
査線R₁及びR₂を表すデータを出力する。このプロセ
スは、走査パターン全体にわたって繰り返される。走査
線 Θ_i に関するデータは、乗算器350の入力の1つに
加えられ、この乗算器は、もう1つの入力において重み
係数3/8を受信する。乗算器350の出力は、総和装
置352。の入力の1つに加えられる。走査線 Θ_{i+1} に
関するデータは、乗算器354の入力の1つに加えら
れ、この乗算器は、もう1つの入力において重み係数5
/8を受信する。乗算器354の出力は、総和装置352
のもう1つの入力に加えられる。総和装置352。の
出力は、走査線 Θ_i 、及び走査線 Θ_{i+1} の平均を表し、上
述のように、これらの走査線には、それぞれ、重み係数
3/8及び5/8が与えられる。総和装置352の出力
は、走査線 $\Theta_{i+1/2}$ として表され、R- Θ 走査変換器3
10（図10）に加えられる。本例におけるR- Θ 走査
変換器310は、イメージ・データの補間を実施するの
で、2つの走査線を表したデータを同時に受信するよう
に構成されている。2つの走査線を表す平均化データを
供給するため、総和装置352の出力は、走査線FIFO
354に供給される。FIFO354の出力は、走査

線1サイクル分だけ遅延させられ、走査線 $\Theta_{i+1/2}$ を表
す。従って、走査線 $\Theta_{i+1/2}$ 、及び走査線 $\Theta_{i+1/2}$ は、R
- Θ 走査変換器310に同時に供給される。

【0048】現在のところ、本発明の好適な実施例とみ
なされるものについて示し、解説してきたが、当業者に
は明らかなように、付属の請求項によって限定の本発明
の範囲を逸脱することなく、各種変更及び修正を加える
ことが可能である。

【0049】以上本発明の各実施例について詳述した
が、ここで各実施例の理解を容易にするために、各実施
例ごとに要約して以下に列挙する。

【0050】1. 超音波変換素子（12、12₁、12₂、...、12_n）のアレイ（10）と、前記アレイに
対する複数の操向角で、前記アレイ（10）に関して問
題となる領域に超音波エネルギーを送り込み、各操向角毎
に、前記アレイ（10）に対する焦点深度が異なるように、
近視野送信走査線（40）及び遠視野送信走査線に
沿って超音波エネルギーを順次送り込み、前記超音波エネ
ルギによって、問題となる領域から超音波エコーが生じ
るようにする送信器（104）と、前記近視野送信走査
線（40）に沿って送られてくる超音波エネルギーに
応答して、第1と第2の近視野受信走査線（46、48）に
沿って同時に信号を受信し、かつ前記遠視野送信走査線
（41）に沿って送られてくる超音波エネルギーに
応答して、第1と第2の遠視野受信走査線（50、52）に
沿って同時に信号を受信するビーム形成装置（120、1
22）を備え、前記第1の近視野受信走査線（46）と
前記第1の遠視野受信走査線（50）が、同一線上に
あり、前記第2の近視野受信走査線（48）と前記第2の
遠視野受信走査線（52）が、同一線上にある、前記超
音波エコーに応答して、前記アレイによって発生する信
号を受信するための受信器（106）と、前記第1の近
視野受信走査線（46）に沿って受信する前記信号と、
前記第1の遠視野受信走査線（50）に沿って受信する
前記信号のスブライシングによって、第1のスブライ
シングが施された走査線（46_n、50_f）を表す信号を
発生し、前記第2の近視野受信走査線（48）に沿って
受信する前記信号と、前記第2の遠視野受信走査線（5
2）に沿って受信する前記信号のスブライシングによっ
て、第2のスブライシングが施された走査線（48_n、
52_f）を表す信号を発生し、これによって、前記各操
向角毎に前記近視野送信走査線及び遠視野送信走査線
（40、41）に沿って送られてくる超音波エネルギーに
応答して、2つのスブライシングが施された走査線を表
す信号が得られるようにする手段（140、142、1
44、150）と、前記スブライシングが施された走査
線を表す前記信号に応答して、前記問題となる領域のイ
メージを生成する表示発生器（164）とからなること
を特徴とする、超音波イメージング装置である。

【0051】2. 前記受信走査線が、それぞれ、前記

アレイに対して受信角を有し、かつ前記受信器に、さらに、前記超音波エコーの受信時における前記受信角を動的に変化させて、送られてくる超音波エネルギーの空間変動を補償する手段が設けられることを特徴とする上記1に記載の超音波イメージング装置である。

【0052】3. さらに、前記スブライシングが施された走査線の隣接する走査線を表す信号の重み付き平均を求めることによって、平均化された走査線が得られるようにするための手段が設けられることを特徴とする上記1に記載の超音波イメージング装置である。

【0053】4. 前記近視野受信走査線及び遠視野受信走査線が、遷移領域において、前記スブライシング手段によってスブライシングが施され、かつ前記スブライシング手段に、前記遷移領域において、前記近視野受信走査線及び前記遠視野受信走査線に沿って受信した前記信号を混合するための手段が設けられることを特徴とする上記1に記載の超音波イメージング装置である。

【0054】5. 前記超音波変換素子アレイに、少なくとも2つの選択可能な仰角アパーチャが設けられて、かつ前記送信器に、第1の仰角アパーチャによって、前記近視野送信走査線に沿って超音波エネルギーを伝送し、前記第1の仰角アパーチャより大きい第2の仰角アパーチャによって、前記遠視野送信走査線に沿って超音波エネルギーを伝送する手段が設けられ、前記受信器に、前記第1の仰角アパーチャによって、前記第1及び第2の近視野受信走査線に沿って信号を受信し、前記第2の仰角アパーチャによって、前記第1及び第2の遠視野受信走査線に沿って信号を受信するための手段が設けられることを特徴とする上記1に記載の超音波イメージング装置である。

【0055】6. 超音波変換素子(12₁, 12₂, . . . , 12_n)のアレイと、前記アレイに対する複数の操向角で、前記アレイに関して問題となる領域に超音波エネルギーを送り込み、各操向角毎に、送信走査線(T.)に沿って超音波エネルギーを送り込み、前記超音波エネルギーによって、問題となる領域から超音波エコーが生じるようにする送信器(104)と、前記送信走査線(T.)に沿って送られてくる超音波エネルギーにตอบสนองして、第1及び第2の受信走査線(R₀、R₁)に沿って信号を同時に受信するビーム形成装置(120、122)を備える、前記超音波エコーにตอบสนองして、前記アレイによって発生する信号を受信するための受信器(106)と、前記受信走査線の隣接する走査線に沿って受信する信号の重み付き平均を求めることによって、平均化された走査線が得られるようにするための手段(306)と、前記平均化走査線を表す前記信号にตอบสนองして、前記問題となる領域のイメージを生成する表示発生器(164)とからなることを特徴とする、超音波イメージング装置である。

【0056】7. 超音波変換素子(12₁, 1

2₁, . . . , 12_n)のアレイ(10)と、前記アレイ(10)に対する複数の操向角で、前記アレイに関して問題となる領域に超音波エネルギーを送り込み、各操向角毎に送信走査線(T.)に沿って超音波エネルギーを送り込み、前記超音波エネルギーによって、問題となる領域から超音波エコーが生じるようにする送信器(104)と、前記送信走査線(T.)に沿って送られてくる超音波エネルギーにตอบสนองして、第1及び第2の受信走査線(R₀、R₁)に沿って信号を同時に受信するビーム形成装置(120、122)を備え、前記受信走査線のそれぞれが、前記アレイに対する受信角を有しており、さらに、前記受信器は前記超音波エコーの受信時における前記受信角を動的に変化させて、送られてくる超音波エネルギーの空間変動を補償する手段を備える、前記超音波エコーにตอบสนองして、前記アレイによって発生する信号を受信するための受信器(106)と、前記受信走査線を表す信号にตอบสนองして、前記問題となる領域のイメージを発生するための表示発生器(164)とからなることを特徴とする、超音波イメージング装置である。

【0057】8. 超音波変換素子(12₁, 12₂, . . . , 12_n)のアレイ(10)に対する複数の操向角で、前記アレイ(10)に関して問題となる領域に超音波エネルギーを送り込み、各操向角毎にアレイ(10)に対する焦点深度が異なるように、近視野送信走査線(40)及び遠視野送信走査線(41)に沿って超音波エネルギーを順次送り込み、前記超音波エネルギーによって、問題となる領域から超音波エコーが生じるようにするステップと、前記近視野送信走査線(40)に沿って送られてくる超音波エネルギーにตอบสนองして、第1と第2の近視野受信走査線(46、48)に沿って同時に信号を受信するステップと、前記遠視野送信走査線(41)に沿って送られてくる超音波エネルギーにตอบสนองして、第1と第2の遠視野受信走査線(50、52)に沿って同時に信号を受信するステップと、前記第1の近視野受信走査線(46)と前記第1の遠視野受信走査線(50)は、同一線上にあり、前記第2の近視野受信走査線(48)と前記第2の遠視野受信走査線(52)は、同一線上にあり、前記第1の近視野受信走査線(46)に沿って受信する前記信号と、前記第1の遠視野受信走査線(50)に沿って受信する前記信号にスブライシングを施して、第1のスブライシングが施された走査線(46₀、50₀)を表す信号を発生するステップと、前記第2の近視野受信走査線(48)に沿って受信する前記信号と、前記第2の遠視野受信走査線(52)に沿って受信する前記信号にスブライシングを施して、第2のスブライシングが施された走査線(48₀、52₀)を表す信号を発生し、これによって、前記各操向角毎に前記近視野送信走査線及び遠視野送信走査線に沿って送られてくる超音波エネルギーにตอบสนองして、2つのスブライシングが施された走査線を表す信号が得られるようにするステッ

ブと、前記スブライシングが施された走査線を表す前記信号にตอบสนองして、前記問題となる領域のイメージを生成するステップとからなることを特徴とする、超音波イメージング装置に適用される超音波イメージング方法である。

【0058】9. さらに、前記スブライシングが施された走査線の隣接する走査線を表す信号の重み付き平均を求めることによって、平均化された走査線が得られるようにするステップが含まれることを特徴とする上記8に記載の超音波イメージング方法である。

【0059】10. 超音波エネルギーを順次伝送するステップに、第1の仰角アパーチャによって、前記近視野送信走査線に沿って超音波エネルギーを伝送するステップと、前記第1の仰角アパーチャより大きい第2の仰角アパーチャによって、前記遠視野送信走査線に沿って超音波エネルギーを伝送するステップが含まれることを特徴とする上記8に記載の超音波イメージング方法である。

【0060】
【発明の効果】以上のように、本発明によれば、送信器から各操向角毎に深度が異なるように遠視野と近視野走査線に沿って超音波エネルギーを超音波変換素子のアレイの問題の領域に送信し、同一線上にある第1、第2の遠視野と近視野走査線に沿って受信器で同時に受信して、それぞれスブライシングされた走査線を表す信号を受信するようにしたので、各操向角毎に遠視野と近視野走査線に沿った2つのスブライシングを施した走査線を表す信号が得られ、イメージのフレーム率の劣化を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】分割仰角合焦に適したフェイズド・アレイ超音波変換器の概略正面図である。

【図2】近視野送信ビーム・パターン及び遠視野送信ビーム・パターンを表した図1の超音波変換器の概略側面図である。

【図3】近視野送信ビーム・パターン、及び、並列受信走査線を表した図1の超音波変換器の概略平面図である。

【図4】遠視野送信ビーム・パターン、及び、並列受信走査線を表した図1の超音波変換器の概略平面図である。

【図5】本発明に適用される扇形走査パターンを表した図1の超音波変換器の概略平面図である。

【図6】本発明による超音波イメージング装置のブロック図である。

【図7】本発明による超音波イメージング装置のブロッ

ク図である。

【図8】図6及び図7に示す本発明の超音波イメージング装置の動作を明らかにするタイミング図である。

【図9】受信走査線の反りを示す深度の関数としての操向角に関するグラフである。

【図10】図7に示す走査変換器のブロック図である。

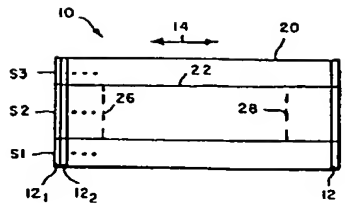
【図11】図10に示す走査線混合装置のブロック図である。

【図12】図10に示す走査線平均化装置のブロック図である。

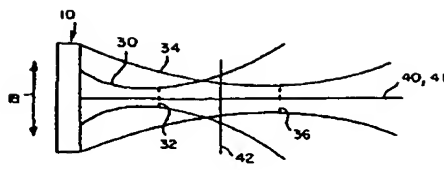
【符号の説明】

10	超音波変換器
12、～12	変換素子
20	遠視野アパーチャ
22	近視野アパーチャ
30、34	送信ビーム・パターン
32、36	焦点深度
40	近視野送信走査線
41	遠視野送信走査線
42	境界
46、48	近視野受信走査線
50、52	遠視野受信走査線
100、102	送信／受信スイッチ
104	超音波送信器
106	超音波受信器
114、324、352	総和装置
116	近／遠スイッチ
120	第1の遅延及び総和装置
122	第2の遅延及び総和装置
128、132	フィルタ及び検出器
130、134	アナログ・デジタル変換器（ADC）
140、142、144	ランダム・アクセス・メモリ（RAM）
150	マルチプレクサ
160	走査変換器
164	ディスプレイ装置
302	走査線混合器
304	音響フレーム・バッファ
306	走査線平均化装置
310	R-Θ走査変換器
322、330、350、354	乗算器
326	走査線FIFOメモリ
334	重みテーブル

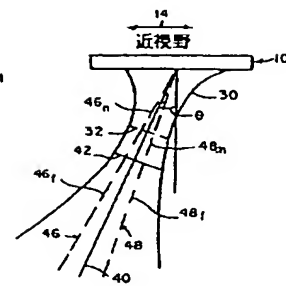
【図1】



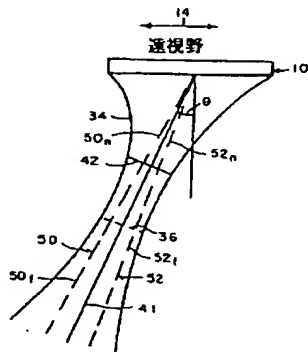
【図2】



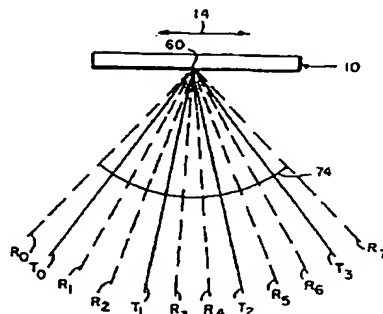
【図3】



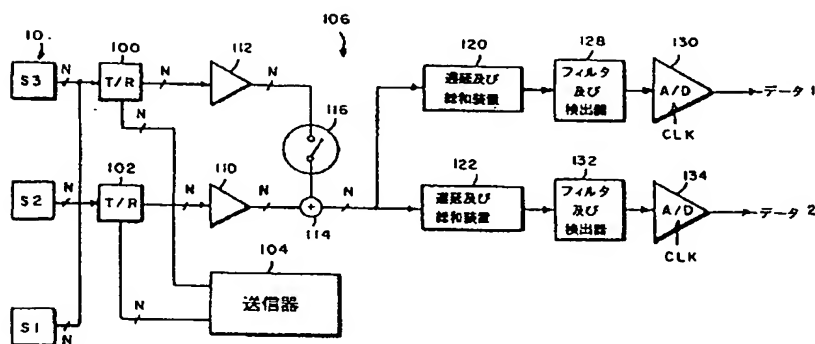
【図4】



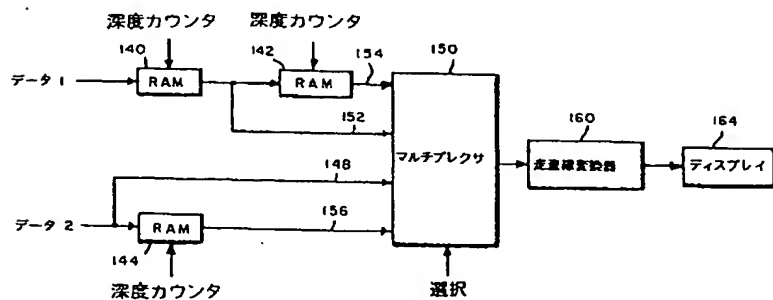
【図5】



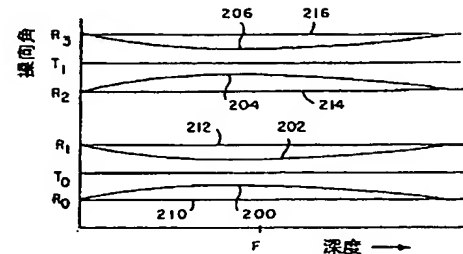
【図6】



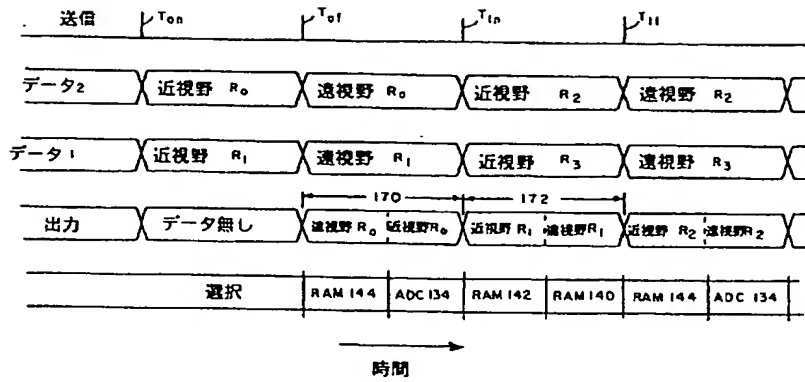
【図7】



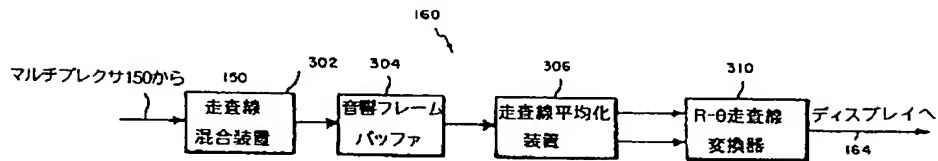
【図9】



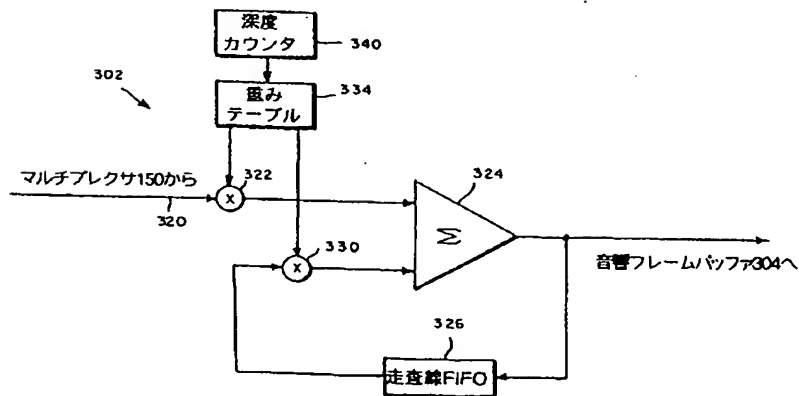
【図8】



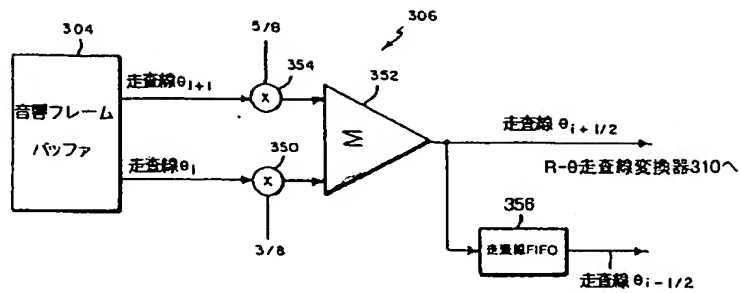
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 キンバリー・ケイ・ロバートソン
アメリカ合衆国マサチューセッツ州ボック
スフォード グレンデイル・ロード 44

(72)発明者 カール・イー・ゼール
アメリカ合衆国マサチューセッツ州アンド
ーヴァー ノーレスト・ドライブ 4

(72)発明者 ジェイ・マーク・ズィール
アメリカ合衆国マサチューセッツ州メスエ
ン #373エフ、イースト・ストリート
171

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 1 部門第 2 区分
 【発行日】平成 14 年 8 月 6 日 (2002. 8. 6)

【公開番号】特開平 7-327991
 【公開日】平成 7 年 12 月 19 日 (1995. 12. 19)
 【年通号数】公開特許公報 7-3280
 【出願番号】特願平 7-135409
 【国際特許分類第 7 版】

A61B 8/00

【F I】

A61B 8/00

【手続補正書】

【提出日】平成 14 年 5 月 30 日 (2002. 5. 30)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 超音波変換素子のアレイと、
 前記アレイに対する複数の操向角で、前記アレイに関して問題となる領域に超音波エネルギーを送り込み、各操向角毎に、前記アレイに対する焦点深度が異なるように、近視野送信走査線及び遠視野送信走査線に沿って超音波エネルギーを順次送り込み、前記超音波エネルギーによって、問題となる領域から超音波エコーが生じるようにする送信器と、
 前記近視野送信走査線に沿って送られてくる超音波エネルギーにตอบสนองして、第 1 と第 2 の近視野受信走査線に沿って同時に信号を受信し、かつ前記遠視野送信走査線に沿って送られてくる超音波エネルギーにตอบสนองして、第 1 と第 2 の遠視野受信走査線に沿って同時に信号を受信するビーム形成装置を備え、前記第 1 の近視野受信走査線と前記第 1 の遠視野受信走査線が、同一線上にあり、前記第 2 の近視野受信走査線と前記第 2 の遠視野受信走査線が、同一線上にある、前記超音波エコーにตอบสนองして、前記アレイによって発生する信号を受信するための受信器と、
 前記第 1 の近視野受信走査線に沿って受信する前記信号と、前記第 1 の遠視野受信走査線に沿って受信する前記信号のブライシングによって、第 1 のブライシングが施された走査線を表す信号を発生し、前記第 2 の近視野受信走査線に沿って受信する前記信号と、前記第 2 の遠視野受信走査線に沿って受信する前記信号のブライシングによって、第 2 のブライシングが施された走査線を表す信号を発生し、これによって、前記各操向角毎に前記近視野送信走査線及び遠視野送信走査線に沿って

送られてくる超音波エネルギーにตอบสนองして、2 つのブライシングが施された走査線を表す信号が得られるようにする手段と、

前記ブライシングが施された走査線を表す前記信号にตอบสนองして、前記問題となる領域のイメージを生成する表示発生器とからなることを特徴とする、超音波イメージング装置。

【請求項 2】 前記受信走査線が、それぞれ、前記アレイに対して受信角を有し、かつ前記受信器に、さらに、前記超音波エコーの受信時における前記受信角を動的に変化させて、送られてくる超音波エネルギーの空間変動を補償する手段が設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波イメージング装置。

【請求項 3】 さらに、前記ブライシングが施された走査線の隣接する走査線を表す信号の重み付き平均を求めることによって、平均化された走査線が得られるようにするための手段が設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波イメージング装置。

【請求項 4】 前記近視野受信走査線及び遠視野受信走査線が、遷移領域において、前記ブライシング手段によってブライシングが施され、かつ前記ブライシング手段に、前記遷移領域において、前記近視野受信走査線及び前記遠視野受信走査線に沿って受信した前記信号を混合するための手段が設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波イメージング装置。

【請求項 5】 前記超音波変換素子アレイに、少なくとも 2 つの選択可能な仰角アパーチャが設けられて、かつ前記送信器に、第 1 の仰角アパーチャによって、前記近視野送信走査線に沿って超音波エネルギーを伝送し、前記第 1 の仰角アパーチャより大きい第 2 の仰角アパーチャによって、前記遠視野送信走査線に沿って超音波エネルギーを伝送する手段が設けられ、前記受信器に、前記第 1 の仰角アパーチャによって、前記第 1 及び第 2 の近視野受信走査線に沿って信号を受信し、前記第 2 の仰角アパーチャによって、前記第 1 及び第 2 の遠視野受信走査線に沿って信号を受信するための手段が設けられることを

特徴とする請求項 1 に記載の超音波イメージング装置。

【請求項 6】 超音波変換素子のアレイと、

前記アレイに対する複数の操向角で、前記アレイに関して問題となる領域に超音波エネルギーを送り込み、各操向角毎に、送信走査線に沿って超音波エネルギーを送り込み、前記超音波エネルギーによって、問題となる領域から超音波エコーが生じるようにする送信器と、

前記送信走査線に沿って送られてくる超音波エネルギーに応答して、第 1 及び第 2 の受信走査線に沿って信号を同時に受信するビーム形成装置を備える、前記超音波エコーに応答して、前記アレイによって発生する信号を受信するための受信器と、

前記受信走査線の隣接する走査線に沿って受信する信号の重み付き平均を求めることによって、平均化された走査線が得られるようにするための手段と、

前記平均化走査線を表す前記信号に応答して、前記問題となる領域のイメージを生成する表示発生器とからなることを特徴とする、超音波イメージング装置。

【請求項 7】 超音波変換素子のアレイと、

前記アレイに対する複数の操向角で、前記アレイに関して問題となる領域に超音波エネルギーを送り込み、各操向角毎に送信走査線に沿って超音波エネルギーを送り込み、前記超音波エネルギーによって、問題となる領域から超音波エコーが生じるようにする送信器と、

前記送信走査線に沿って送られてくる超音波エネルギーに応答して、第 1 及び第 2 の受信走査線に沿って信号を同時に受信するビーム形成装置を備え、前記受信走査線のそれぞれが、前記アレイに対する受信角を有しており、さらに、前記受信器は前記超音波エコーの受信時における前記受信角を動的に変化させて、送られてくる超音波エネルギーの空間変動を補償する手段を備える、前記超音波エコーに応答して、前記アレイによって発生する信号を受信するための受信器と、

前記受信走査線を表す信号に応答して、前記問題となる領域のイメージを発生するための表示発生器とからなることを特徴とする、超音波イメージング装置。

【請求項 8】 超音波変換素子のアレイに対する複数の

操向角で、前記アレイに関して問題となる領域に超音波エネルギーを送り込み、各操向角毎にアレイに対する焦点深度が異なるように、近視野送信走査線及び遠視野送信走査線に沿って超音波エネルギーを順次送り込み、前記超音波エネルギーによって、問題となる領域から超音波エコーが生じるようにするステップと、

前記近視野送信走査線に沿って送られてくる超音波エネルギーに応答して、第 1 と第 2 の近視野受信走査線に沿

て同時に信号を受信するステップと、

前記遠視野送信走査線に沿って送られてくる超音波エネルギーに応答して、第 1 と第 2 の遠視野受信走査線に沿って同時に信号を受信するステップと、前記第 1 の近視野受信走査線と前記第 1 の遠視野受信走査線は、同一線上にあり、前記第 2 の近視野受信走査線と前記第 2 の遠視野受信走査線は、同一線上にあり、

前記第 1 の近視野受信走査線に沿って受信する前記信号と、前記第 1 の遠視野受信走査線に沿って受信する前記信号にスブライシングを施して、第 1 のスブライシングが施された走査線を表す信号を発生するステップと、

前記第 2 の近視野受信走査線に沿って受信する前記信号と、前記第 2 の遠視野受信走査線に沿って受信する前記信号にスブライシングを施して、第 2 のスブライシングが施された走査線を表す信号を発生し、これによって、

前記各操向角毎に前記近視野送信走査線及び遠視野送信走査線に沿って送られてくる超音波エネルギーに答して、2つのスブライシングが施された走査線を表す信号が得られるようにするステップと、

前記スブライシングが施された走査線を表す前記信号に応答して、前記問題となる領域のイメージを生成するステップとからなることを特徴とする、超音波イメージング装置に適用される超音波イメージング方法。

【請求項 9】 さらに、前記スブライシングが施された走査線の隣接する走査線を表す信号の重み付き平均を求めることによって、平均化された走査線が得られるようにするステップが含まれることを特徴とする請求項 8 に記載の超音波イメージング方法。

【請求項 10】 超音波エネルギーを順次伝送するステップに、第 1 の仰角アパーチャによって、前記近視野送信走査線に沿って超音波エネルギーを伝送するステップと、前記第 1 の仰角アパーチャより大きい第 2 の仰角アパーチャによって、前記遠視野送信走査線に沿って超音波エネルギーを伝送するステップが含まれることを特徴とする請求項 8 に記載の超音波イメージング方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0058

【補正方法】変更

【補正内容】

【0058】9. さらに、前記スブライシングが施された走査線の隣接する走査線を表す信号の重み付き平均を求めることによって、平均化された走査線が得られるようにするステップが含まれることを特徴とする上記 8 に記載の超音波イメージング方法である。